



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI Y ACCIONES DE PREVENCIÓN EN EL DISTRITO DE MARIANO MELGAR (Provincia Arequipa – Región Arequipa)

Informe Técnico N°011-2022/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú  
Marzo, 2022

## **Instituto Geofísico del Perú**

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

### **Informe Técnico**

Evaluación de los peligros del volcán Misti y Acciones de prevención en el Distrito de Mariano Melgar  
(Provincia de Arequipa - Región Arequipa)

### **Autores**

Luisa Macedo  
Ivonne lazarte  
Katherine Vargas  
John Cruz  
Samir Barreda  
Sofía Zapana

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169 Mayorazgo  
Teléfono: 51-1-3172300

**EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI Y ACCIONES DE  
PREVENCIÓN EN EL DISTRITO DE MARIANO MELGAR**

(Provincia de Arequipa - Región Arequipa)

Lima – Perú  
Enero, 2022

## **RESUMEN**

El volcán Misti, ubicado a 17 kilómetros al noreste de la ciudad de Arequipa, ha presentado durante los últimos 40 mil años actividad explosiva con erupciones que se han caracterizado por generar depósitos de productos volcánicos y avalanchas de escombros, emplazados hacia el sector donde se ubica la ciudad de Arequipa. El distrito de Mariano Melgar se encuentra ubicado al noreste de Arequipa Metropolitana y su extremo norte limita con las estribaciones del volcán Misti. En el distrito residen cerca de 59918 habitantes que se verían afectados ante una posible erupción de dicho volcán. A fin de cuantificar los peligros volcánicos que puedan afectar a este distrito se ha generado simulaciones numéricas a fin de predecir las zonas que podrían ser potencialmente afectadas en una ventana de tiempo definida.

Los resultados obtenidos han permitido al distrito de Mariano Melgar elaborar, con el asesoramiento del IGP, un Plan de Evacuación ante la posible erupción del volcán Misti a fin de reducir el riesgo a los ciudadanos, sus bienes y medios de vida. Este documento es parte del Sistema de Alerta Temprana por actividad volcánica, y representa el punto de partida de un proceso de movilización para reducir el impacto de los peligros volcánicos en 104 centros poblados del distrito: Asociaciones, Pueblos Jóvenes, Urbanizaciones y Asentamientos Humanos.

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN**

#### **1.- INTRODUCCIÓN**

- 1.1.- Información básica
- 1.2.- Formulación del plan de evacuación

#### **2.- PELIGROS VOLCÁNICOS**

- 2.1.- Escenarios eruptivos
- 2.2.- Principales peligros
  - 2.2.1.- Caída de cenizas
  - 2.2.2.- Avalancha de escombros
  - 2.2.3.- Flujos piroclásticos
  - 2.2.4.- Lahares
  - 2.2.5.- Flujos de lava
  - 2.2.6.- Factores de vulnerabilidad
- 2.3.- Etapas de evacuación
- 2.4.- Puntos de concentración
- 2.5.- Rutas y vías de evacuación
- 2.6.- Zonas de albergue

#### **3.- RESULTADOS**

#### **CONCLUSIONES**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

**Anexo: Factores de vulnerabilidad en el Distrito de Mariano Melgar**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El volcán Misti se emplaza en el borde oeste de la Cordillera Occidental (242900 N, 8196400S, 5820 m.s.n.m.) de los Andes, limitando por el sureste con el extinto estrato volcán Pichu Pichu, por el noroeste con el complejo volcánico Chachani, hacia el este con la Altiplanicie Puna y por el oeste con la cuenca tectónica de Arequipa, donde se halla la ciudad del mismo nombre. La última erupción del volcán Misti se habría producido durante el siglo XV entre los años 1440 y 1470 d.C (Mariño et al., 2016), y siglos posteriores, habrían ocurrido eventos freáticos y actividad fumarólica. En la actualidad, el volcán Misti es considerado como activo y por ende se encuentra monitoreado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), a través del Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL).

El distrito de Mariano Melgar se encuentra a menos de 12 km del volcán Misti, distancia que en el tiempo se ha ido acortando debido a la expansión urbana del distrito en dirección al volcán exponiéndose de este modo, a los diversos peligros de origen volcánico como caída de cenizas, flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y avalancha de escombros que se generarían en caso de una eventual erupción del volcán. Ante esta problemática es necesario diseñar estrategias para la respuesta rápida y oportuna por parte de las autoridades y población, preparando la infraestructura necesaria para facilitar la evacuación de los centros poblados más expuestos a lugares seguros cuidando situaciones críticas que propicien la contaminación y pongan en riesgo a la salud e integridad de las personas.

Ante los escenarios descritos, las autoridades del distrito de Mariano Melgar procedieron, con el asesoramiento del IGP, a elaborar e implementar el Plan de Evacuación ante una posible erupción del volcán Misti tomando como base la información científica generada por el IGP y otras instituciones afines. Como punto de partida, las autoridades procedieron a actualizar el censo distrital y la información catastral, que al ser correlacionados con los

mapas de peligros volcancitos, se logró establecer las rutas de evacuación y los puntos de concentración de la población.

### **1.1.- Información básica**

Para la elaboración de una propuesta de Plan de Evacuación, los integrantes de la Municipalidad distrital de Mariano Melgar contaron con la siguiente información:

- Mapas de peligros volcánicos elaborados por el Instituto Geofísico del Perú en base al desarrollo de investigaciones y trabajos de campo:
  - .- Mapa de peligro por lahares
  - .- Mapa de peligro por flujo piroclásticos
  - .- Mapa de peligro por cenizas
  - .- Mapa de peligro por Avalancha de escombros
  - .- Mapa de peligro por flujo de lava
- Áreas vulnerables a los peligros volcánicos
- Mapa catastral del distrito de Mariano Melgar
- Mapa de ubicación de instituciones educativas, centros de salud, comisarías, etc.
- Base de datos del CENSO 2017 - SIGRID.

### **1.2.- Formulación del plan de evacuación**

La formulación del presente Plan de Evacuación para el distrito de Mariano Melgar ha sido coordinada por la Gerencia de Desarrollo Urbano y Oficina de División de Gestión de Riesgos y Desastres de la municipalidad de Mariano Melgar; y conto con el asesoramiento del Instituto Geofísico del Perú; además de la participación de la Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica de la Universidad Tecnológica del Perú.

## **2.- PELIGROS VOLCÁNICOS**

El volcán Misti es un estratovolcán emplazado o edificado sobre un sustrato de ignimbritas del Mioceno-Pleistoceno (Paquereau-Lebti et al., 2006), y sobre depósitos volcanoclasticos emitidos por el volcán Chachani durante el Pleistoceno. Según los estudios estratigráficos realizados por Thouret et al. (2001), el volcán Misti está constituido por 4 edificios: Misti 1: su estructura inferior tiene pendientes bajas y está formado por depósitos de avalancha de escombros y flujos de lava. (Mariño et al., 2016); Misti 2: fue edificado hace aproximadamente 112 y 40 ka AP (Thouret et al., 2001) y está conformado por la intercalación de depósitos de flujos piroclásticos de bloques de ceniza, flujos de lava, flujos de pómez y ceniza, flujos de escoria y caídas piroclásticas. Estos depósitos están divididos en tres grupos. (Mariño et al., 2016). Misti 3: Según Thouret et al. (2001), el edificio Misti 3 empezó a construirse después de 40-50 ka, hasta 14 ka, aproximadamente. Los depósitos se emplazaron entre los 4400 y 5400 m.s.n.m., y está conformado por flujos de lavas en bloques, domos, flujos piroclásticos de bloques y ceniza, flujos piroclásticos de escoria, caídas y oleadas piroclásticas y Misti 4: El edificio fue construido por encima de una discontinuidad estructural ubicada alrededor de los 5400 m.s.n.m. Se construyó en los últimos 11 mil años, ligado a erupciones explosivas que emplazaron depósitos piroclásticos como flujos de pómez y ceniza, flujos de ceniza, flujos de escoria, caídas de ceniza, caídas de pómez, así como oleadas piroclásticas. (Mariño et al., 2016)

### **2.1.-. Escenarios eruptivos**

El volcán Misti es un estratovolcán que ha presentado históricamente erupciones explosivas con la emisión de cenizas, avalancha de escombros, flujos piroclásticos, lahares y flujos de lava. En la actualidad, debe entenderse que de acuerdo a su nivel de explosividad, es posible tener los siguientes escenarios:

- **Erupción vulcaniana con IEV 1-2:** En este escenario se considera que el volcán Misti tendría una erupción vulcaniana con la emisión de ceniza y proyectiles balísticos; además de columnas de eruptivas de 5 a 10 km de altura. La última erupción de este tipo se dio hace 50 mil años, y puede presentarse en un periodo de 2000 a 4000 años, por lo cual es uno de los escenarios más probables (Mariño et al., 2016).
  
- **Erupción pliniana con IEV 5-6:** Este tipo de erupción es violenta debido a que se generan caída de cenizas, flujos piroclásticos, lahares y la emisión de grandes cantidades de material volcánico; además de columnas de eruptivas mayores a 20 km de altura. En base a los estudios realizados, se deduce que el volcán tuvo una erupción con un índice de explosividad entre 5 – 6 hace 2050 años (Harpel et., al 2011).

## **2.2.-Principales peligros**

De acuerdo a los dos escenarios eruptivos descritos, las características de los principales peligros volcánicos a presentarse son:

### **2.2.1.- Caída de cenizas**

Para una Erupción leve de tipo Vulcaniana - IEV 1-2, se elaboró el mapa de peligros por caída de cenizas y en el cual se distinguen zonas de alto, moderado y bajo peligro (Figura 1).

- **Zona Alto Peligro:** Zona ubicada dentro de un radio de 10 a 15 km alrededor del cráter del volcán Misti, siendo afectada por la caída de cenizas formando capas con espesores menores a 5 cm (Figura 1) Este escenario está basado con la erupción presentada por el volcán Misti entre los años 1440-1470 - IEV 2 (Thouret et al., 2001).

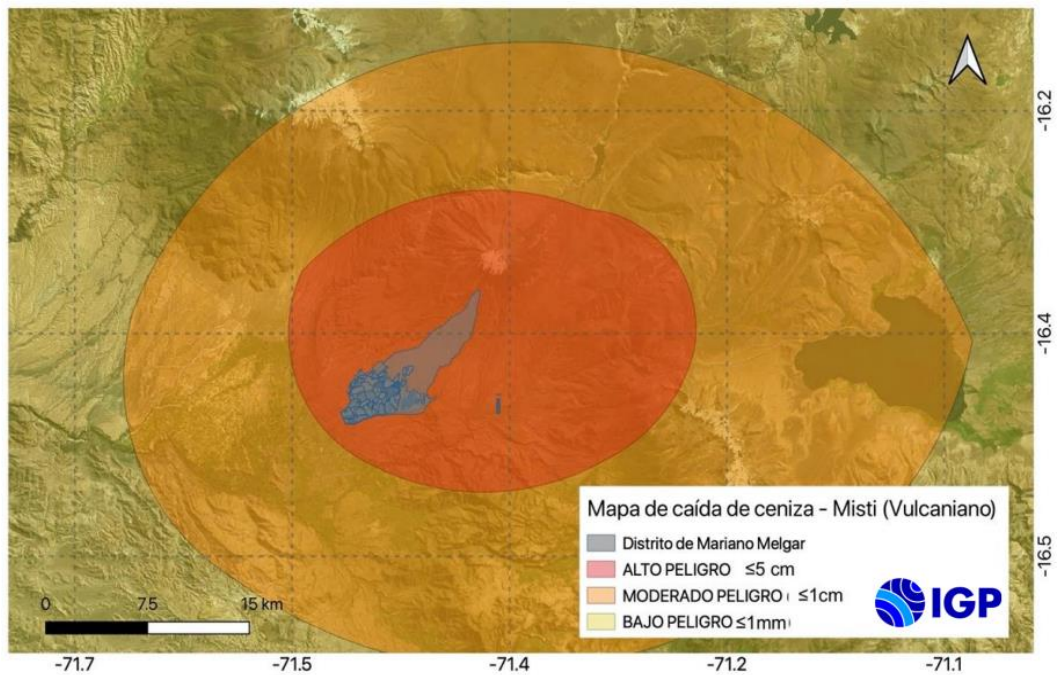


Figura 1: Mapa de peligros por caída de cenizas del volcán Misti para un escenario tipo vulcaniano (Zerpa, et al., 2021) y su afectación al distrito de Mariano Melgar

- Zona de Moderado Peligro: Zona ubicada dentro de un radio de 30 km de distancia alrededor del volcán Misti, siendo afectada por la caída de cenizas formando capas de algunos centímetros a milímetros de espesor (Figura 1). Este escenario está basado en la erupción del volcán Ubinas 2006 – 2009 (IEV 2), que dejó una capa de ceniza de 1 mm de espesor a 30 km de distancia de su cráter (Rivera et al., 2014).
- Zona de Bajo Peligro: Zona ubicada dentro de un radio de 30 a 60 km de distancia alrededor del volcán Misti, siendo afectada por caída de cenizas formando capas con espesores menores a 1 mm (Figura 1). Este escenario está basado en datos de la última erupción del volcán Ubinas del 2019, la misma que formó capas de ceniza con espesores de 1 mm a más de 90 km (Aguilar et al., 2021).

Para una Erupción Violenta de tipo Pliniano - IEV 5-6, se elaboró el mapa de peligros por caída de cenizas y en la cual se distinguen zonas de alto, moderado y bajo peligro (Figura 2).

- Zona de Alto Peligro: Zona localizada dentro de un radio de 12 km de distancia del volcán Misti, siendo afectada por caída de pómez de 1 m a 50 cm de espesor (Figura 2). Este escenario está basado en el área cubierta por la caída de pómez de hasta 1.2 metros de espesor durante la erupción pliniana del volcán Misti ocurrida hace 33700 años (Cuno et al., 2019).

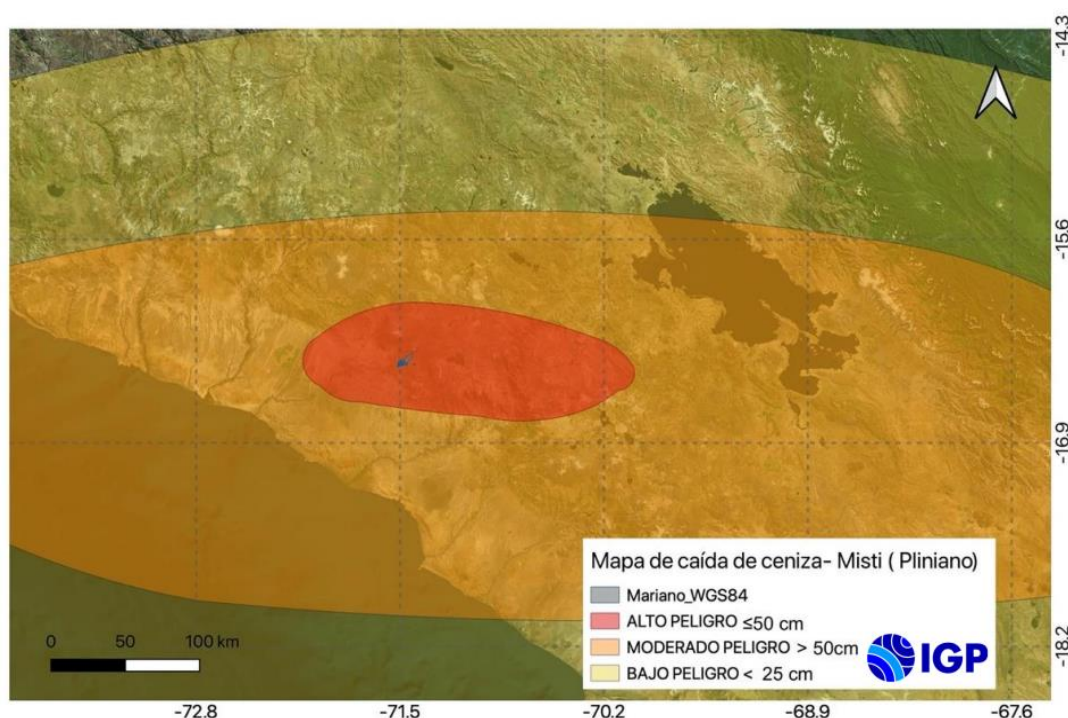


Figura 2: Mapa de peligros por caída de cenizas del volcán Misti para un escenario Pliniano (Zerpa, et al., 2021) y su afectación al distrito de Mariano Melgar

- Zona de Moderado Peligro: Zona ubicada dentro de un radio de 12 a 20 km de distancia del volcán Misti, siendo afectada por caída de ceniza que forman capas de 50 cm de espesor (Figura 2). Este escenario está basado en los depósitos de ceniza visibles a más de 15 km al SO del volcán (capas de 40 y 8 cm de espesor) debido a la erupción pliniana del Misti ocurrida hace 33700 años A.P. (Cuno et al., 2019).
- Zona de Bajo Peligro: Zona que puede ser afectada por caída de ceniza formando capas de hasta 25 cm de espesor en un radio de 20 a 30 km

de distancia del volcán Misti (Figura 2). Esta información está basada en los depósitos de ceniza en capas de 24 cm de espesor presentes a 22 km de cráter debido a la erupción pliniana del volcán Misti ocurrida hace 33700 años A.P. (Cuno et al., 2019).

### **2.2.2.- Avalancha de escombros**

Recientemente, Vargas et al. (2021) usaron el software TITAN2D para realizar simulaciones de avalanchas de escombros en el caso de un colapso de los flancos del volcán Misti (Pitman et al., 2003; Patra et al., 2005) y para ello, consideraron un valor de 34° para el ángulo de fricción interno (Galarza et al., 2014) y de 15° para el ángulo de fricción basal (Hayashi y Self, 1992; Stinton et al., 2004). Para la simulación se consideró un paraboloides en la zona suroeste del cráter; además de tres escenarios con diferentes dimensiones y volúmenes del flujo dependiendo del tipo de erupción. Los resultados permitieron considerar tres tipos de peligro: alto, moderado y bajo, siendo sus características las siguientes (Figura 3):

- **Zona de Alto Peligro:** En esta zona la avalancha se desplazaría hasta distancias entre 5 a 9 km desde la cima del volcán (Figura 3). La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 15 minutos, alcanzando velocidades de hasta 80 m/s en el primer minuto para luego terminar su recorrido con una velocidad promedio de 0.5 m/s. Considerando el límite urbano actual, el volumen considerado no afectaría a la población ni construcciones del distrito de Mariano Melgar.
- **Zona de Moderad Peligro:** En esta zona la avalancha recorrería distancias entre 6 a 13 km desde la cima del volcán (Figura 3). La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 50 minutos, alcanzando velocidades de hasta 76 m/s en el primer minuto para terminar su recorrido a una velocidad promedio de 1 m/s. Según

el volumen de la avalancha considerado en este escenario y el catastro del distrito de Mariano Melgar para el año 2019, la avalancha no llegaría al límite urbano, pero se debe considerar que, en el límite sur, se aprecian zonas delimitadas posiblemente para habilitación urbana en el futuro.

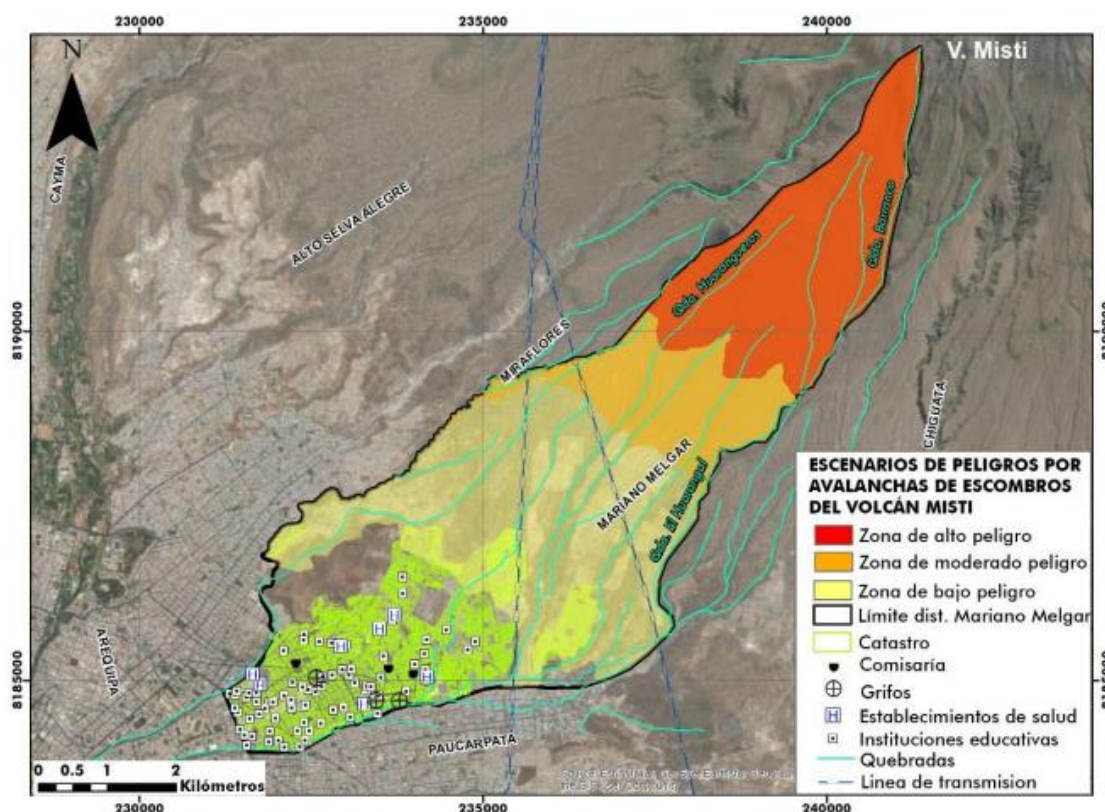


Figura 3: Mapa de peligro por avalancha de escombros, para el distrito de Mariano Melgar ante una erupción del volcán Misti y/o en caso del colapso de un flanco del Misti (Vargas et al., 2021).

- Zona de Bajo Peligro: En esta zona la avalancha recorrería distancias entre 6 a 15 km desde la cima del volcán (Figura 3). La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 1 hora y 15 minutos, alcanzando velocidades máximas de hasta 80 m/s en el primer minuto para terminar su recorrido a una velocidad promedio de 1.5 m/s. Según el volumen de la avalancha considerado en este escenario, la población actual ubicada en el sector noreste y noroeste del distrito de Mariano Melgar sería afectada ante un escenario extremo. Por ejemplo, en caso de una erupción de tipo pliniana y/o

asociada con una explosión lateral dirigida; por lo tanto, se recomienda detener el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti.

### 2.2.3.- Flujos piroclásticos

En este estudio se considera la simulación de flujos piroclásticos realizada por Vargas et al. (2021) en caso de una erupción del volcán Misti utilizando el software VolcFlow (Kelfoun y Druitt, 2005; Kelfoun, 2011). La simulación considera como fuente la ubicada en la zona suroeste del cráter del Misti, de tal manera que pueda recorrer el flanco suroeste donde se ubica el distrito de Mariano Melgar. Entre los parámetros de entrada considerados en la simulación están el tiempo de alimentación de 2700 segundos, una densidad de  $1200 \text{ kg/m}^3$ , gravedad de  $9.81 \text{ m/s}^2$  y un paso de tiempo de 0.15 segundos. Los resultados obtenidos permitieron definir las zonas de mayor y menor peligro con las siguientes características (Figura 4):

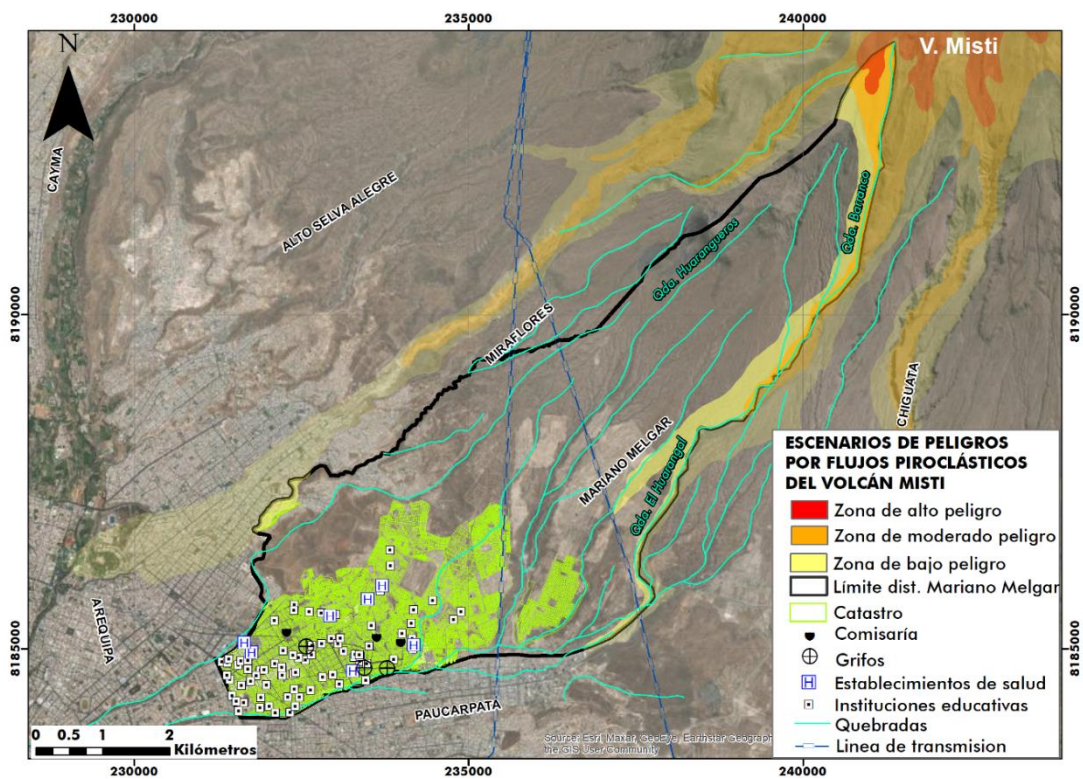


Figura 4: Mapa de peligro por flujos piroclásticos, para el distrito de Mariano Melgar ante una erupción del volcán Misti (Vargas et al., 2021).

- **Zona de Alto Peligro:** Comprende la zona ubicada entre 2 a 4.2 km de distancia desde la cima del volcán (Figura 4) abarcando todos sus flancos por los cuales los flujos piroclásticos se desplazarían. La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 75 segundos, alcanzando una velocidad máxima de 41 m/s.
- **Zona de Moderado Peligro:** Comprende la zona ubicada entre 4 a 11.5 km de distancia desde la cima del volcán (Figura 4) abarcando todos sus flancos por los cuales los flujos piroclásticos descenderían. La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 6 minutos, alcanzando una velocidad máxima de 50 m/s. La zona de peligro moderado no llegaría hasta el límite urbano actual.
- **Zona de Bajo Peligro:** Comprende la zona ubicada entre 11 a 17.3 km de distancia desde la cima del volcán (Figura 4) abarcando todos sus flancos por los cuales los flujos piroclásticos descenderían. La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 12 minutos, alcanzando velocidades máximas de hasta 51 m/s. El flujo que se desplazaría por la quebrada Barranco cubriría parte de la zona este de Mariano Melgar, siendo el escenario crítico debido a en los últimos años la expansión urbana tiende a crecer hacia esa zona.

#### **2.2.4.- Lahares**

Cruz et al. (2021) elaboraron mapas de peligro por descenso de lahares del Misti considerando tres volúmenes en base a los estudios realizados por Thouret et al. (2001), Delaite et al. (2005) y Harpel et al. (2011), así como los volúmenes de lahares ocurridos recientemente en el volcán Misti y que fueron reportados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP). Para la zona del distrito de Mariano Melgar se ha considerado volúmenes de  $1.5 \text{ Mm}^3$ ,  $3 \text{ Mm}^3$  y  $9 \text{ Mm}^3$ ; lo cual ha permitido generar 3 escenarios, siendo sus características las que se describen a continuación (Figura 5):

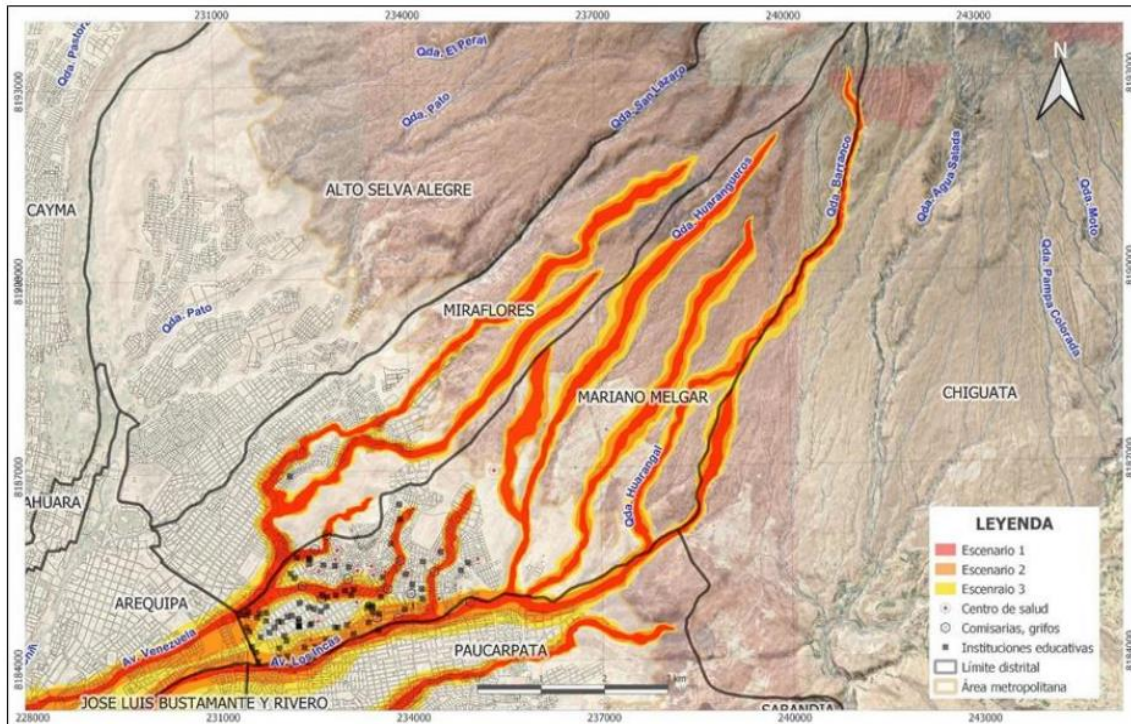


Figura 5 Mapa de peligro por descenso de lahares, para el distrito de Mariano Melgar ante una erupción del volcán Misti (Cruz et al., 2021).

- Zona de Alto Peligro (zona de color rojo): Comprende a las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco, así como los sectores de Los Olivos, La Riconada y Mariano Bustamante. Los lahares se presentarían con altas descargas y con mayor probabilidad en periodos lluviosos. Además, los lahares podrían afectar la zona sur del distrito de Mariano Melgar, especialmente viviendas aledañas a las quebradas antes indicadas y al distrito colindante de Paucarpata. Los lahares continuarían su paso y afectarían también al distrito de José Luis Bustamante y Rivero, así como el Cercado de Arequipa. Estos lahares son del tipo secundarios. Este escenario toma en consideración lahares o flujos de barro que alcanzarían volúmenes de  $1.5 \text{ Mm}^3$ .
- Zona de Moderado Peligro (zona de color naranja): Corresponde a las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco, así como aquellas que pasan por los sectores de Los Olivos, La Riconada y Mariano Bustamante. También comprenden las torrenteras colindantes con las avenidas Los Incas y Venezuela hasta confluir con el río Chili. Las

ocurrencias de los lahares afectarían en mayor grado a los distritos de Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, así como el cercado de Arequipa. El modelamiento consideró la ocurrencia de lahares con volúmenes de 3 Mm<sup>3</sup>.

- Zona de Bajo Peligro (zona de color amarilla): Comprende las quebradas del distrito de Mariano Melgar y distritos aledaños como Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero; así como el cercado de Arequipa. Los lahares no solo se sumarían a los caudales del río Chili, sino que tendrían un alcance del orden de 27 km afectando a viviendas, instituciones educativas, centros de salud, infraestructura urbana y vías. La probabilidad de ocurrencia de estos lahares es baja por depender de una eventual erupción del Misti o lluvias muy intensas. Este escenario toma en consideración lahares o flujos de barro que alcanzarían volúmenes de 9 Mm<sup>3</sup>.

### ***2.2.5.- Flujos de lava***

Recientemente, Vargas et al. (2021) elaboraron mapas de peligro por flujos de lava provenientes del volcán Misti en caso de una erupción y para ello consideraron simulaciones utilizando el software VolcFlow (Kelfoun y Druitt, 2005; Kelfoun & Vallejo, 2016). Entre los parámetros de entrada tomaron en cuenta una viscosidad de 105 Pa (Tepley et al., 2007, 2008), una densidad de 2600 kg/m<sup>3</sup> (ej. volcán Mt. Hood, Murase and McBirney, 1973) y una cohesión de 3500 Pa (ej. volcán Merapi, Chabonnier, 2012). Las lavas del Misti al ser muy viscosas, como las que fueron emitidas en el pasado no recorrerían grandes distancias. Se consideraron tres zonas de peligro en base a tres escenarios (Figura 6):

- Zona de Alto Peligro (zona de color roja): Comprende flujos de lava que recorrerían distancias entre 1 a 5 km desde la cima del volcán. Dichas distancias y áreas afectadas son similares a las alcanzadas

durante erupciones pasadas (edificio "Misti 3", Thouret et al., 2001). La simulación considera un tiempo de aproximadamente 19 minutos para el recorrido de los flujos a una velocidad máxima de 23 m/s. El área afectada no involucra la zona urbana.

- Zona de Moderado Peligro (zona de color naranja): Comprende flujos que recorren distancias entre 3 a 9 km desde la cima del volcán Misti, estando el sector suroeste, quebrada Barranco (sector noreste del distrito de Mariano Melgar) en mayor exposición al peligro. La simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 23 minutos con una velocidad máxima de 36 m/s; por lo tanto, no llegaría a las zonas pobladas.

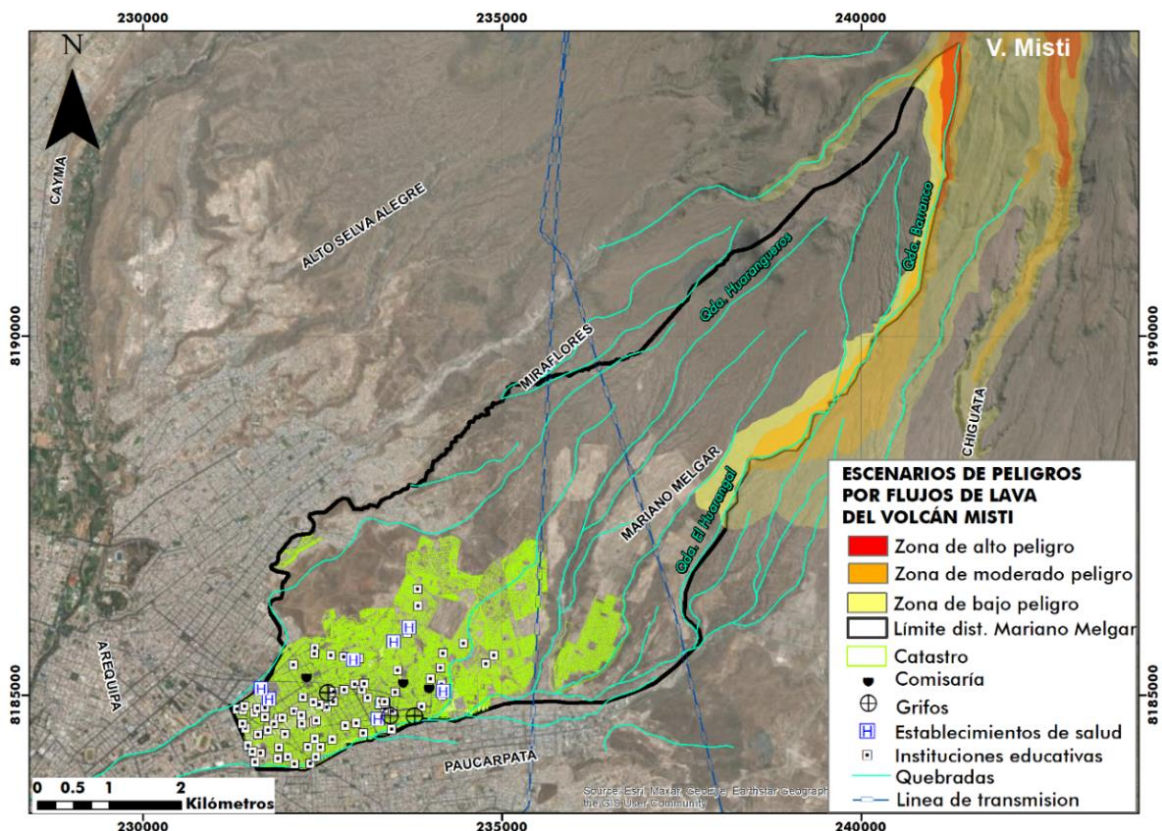


Figura 6. Mapa de peligro por flujos de lava para el distrito de Mariano Melgar ante una erupción del Volcán Misti (Vargas et al., 2021).

- Zona de Bajo Peligro (zona de color amarilla): Comprende flujos que recorren distancias entre 4 a 10 km desde la cima del volcán. La

simulación considera un tiempo de recorrido de aproximadamente 28 minutos con velocidades máximas de hasta 43 m/s. En este escenario, la zona este del distrito de Mariano Melgar es la zona más expuesta al peligro por descenso de flujos de lavas. En la actualidad, este flujo no afectaría a la población, pero es una zona crítica porque la expansión urbana en los últimos años, tiende a crecer hacia ese sector.

### **2.2.6.- Factores de vulnerabilidad**

Se determina la vulnerabilidad de cada centro poblado en base a su exposición a los peligros volcánicos y considerando los tipos de vivienda, número de habitantes, entre otros. Los resultados obtenidos pueden ser analizados en el Anexo 1 y a partir de ellos, se establecieron tres escenarios de riesgo, siendo sus características las siguientes:

- **Primer escenario:** El distrito de Marino Melgar puede ser afectado por caída de cenizas que formarían una capa con espesores menores a 1 mm sobre un área distal de radio igual a 60 km. En este escenario se afectaría de forma total al distrito, teniendo un mayor grado de afectación en los centros poblados de la parte alta del distrito, donde se tiene como material de construcción predominante en techos de planchas de calamina. También se daría la ocurrencia de lahares o flujos de barro que discurrirían por las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco con volúmenes de  $1.5 \text{ Mm}^3$ , que afectaría a 54 centros poblados que se ubican cerca de las quebradas antes mencionadas (IEV 1-2).
  
- **Segundo escenario:** El distrito de Marino Melgar puede ser afectado por caída de cenizas que formarían capas con espesores de hasta 40 cm sobre un área con radio de 10 km. En este escenario se afectaría de forma total al distrito, teniendo un mayor grado de exposición las viviendas con materiales de construcción como techos con planchas de

calamina, pudiendo producir el colapso de estos. Se considera también la ocurrencia de lahares que discurrirían por las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco con volúmenes de 3 Mm<sup>3</sup>; así como el colapso del edificio volcánico que genera una avalancha de escombros que se desplazaría desde la cima del volcán hasta distancias de 5 a 9 km. (IEV 3-4)

- **Tercer escenario:** El distrito de Marino Melgar puede ser afectado por caída de pómez y ceniza que formarían una capa de entre 50 m a 1 m de espesor sobre un área con radio de 12 km. En este escenario se afectaría de forma total al distrito, principalmente las viviendas construidas con techos de planchas de calamina, los cuales colapsarían debido al espesor de la capa de ceniza. Las viviendas construidas con techos de calamina representan un 30% del distrito. Se considera también la ocurrencia de lahares que discurrirían por las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco con volúmenes de 9 Mm<sup>3</sup>. Los flujos piroclásticos se desplazarían, desde la cima del volcán, hasta distancias de 2 a 4.2 km afectando 4 centros poblados. Asimismo, se considera el colapso del edificio volcánico generando una avalancha de escombros que se desplazaría, desde a la cima del volcán hasta distancias entre 6 a 15 km, siendo afectado 16 centros poblados ubicados en los sectores noreste y noroeste del distrito. (IEV 5-6)

### **2.3.-Etapas de evacuación**

- **Etapas de Evacuación ante una erupción Pliniana (IEV 5-6):** Las etapas de evacuación han sido divididas teniendo en cuenta las características geomorfológicas y respetando los límites de las Asociaciones, Pueblos Jóvenes, Urbanizaciones y Asentamientos Humanos. Se identificó un total de 104 zonas en el distrito de Mariano Melgar que deberían ser

evacuados en caso de erupción explosiva inminente del Misti con IEV  $\geq 3$ , considerando 6 etapas de evacuación (Figura 7).

Los números de cada etapa representan el orden de evacuación según el nivel de riesgo por erupción volcánica del Misti. La evacuación de las etapas está condicionada por el nivel de alerta emitido por el Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL- entidad oficial del Estado); con sustento técnico, este nivel de alerta es determinado por la actividad del volcán por medio del trabajo de monitoreo volcánico permanente. La evacuación se ejecutará una vez dado el nivel de alerta por las entidades técnico-científicas y aprobado por las autoridades locales.

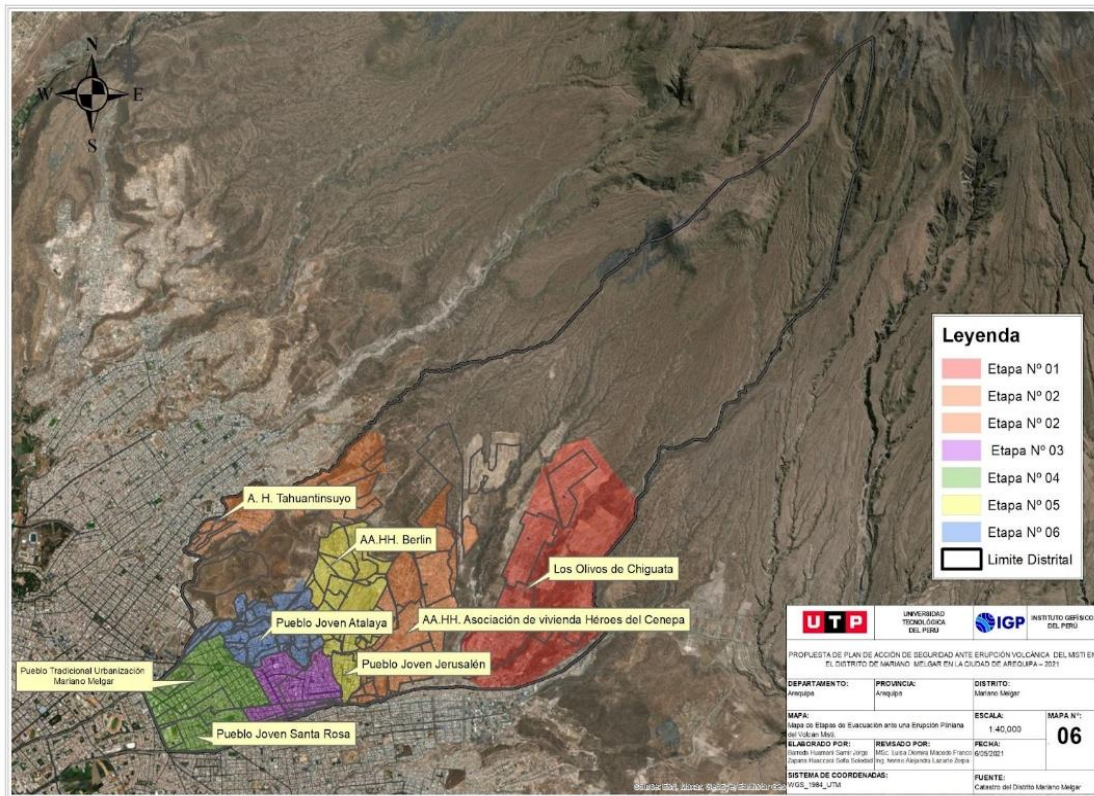


Figura 7 Mapa de etapas de Evacuación ante una Erupción Pliniana del Volcán Misti, para el distrito de Mariano Melgar.

A continuación, se presentan las etapas de evacuación que deben considerarse de acuerdo a las disposiciones municipales:

**Etapa 1:** En esta etapa de mayor riesgo se consideran a las Asociaciones, Urbanizaciones y AAHH cercanas al volcán y en donde habitan aproximadamente 135 personas. Aquí se tiene la influencia de peligros como avalanchas de escombros, caída de cenizas y lahares, debido a su cercanía a las quebradas Huarangueros, Huarangal y Barranco (Tabla 1).

Tabla 1.- Centros poblados considerado en la Etapa 1

Nro.	CENTROS POBLADOS - ETAPA 1	Nº HABITANTES
1	Los Olivos de Chiguata	135
	<b>TOTAL</b>	<b>135</b>

**Etapa 2:** En esta etapa se consideran 26 centros poblados con 5740 habitantes que se encuentran en mayor riesgo (ver Tabla 2), debido a su proximidad al volcán y la influencia de los peligros de avalancha de escombros, caída de cenizas y lahares debido a su cercanía a la quebrada Huarangueros.

**Etapa 3:** En esta etapa se consideran 15 centros poblados con 8490 habitantes que se encuentran en riesgo (ver Tabla 3), debido a su proximidad a las quebradas Huarangueros y Huarangal y la influencia de los peligros de caída de cenizas y lahares provenientes del Misti.

**Etapa 4:** En esta etapa se consideran 7 centros poblados con 20114 habitantes que se encuentran en riesgo (ver Tabla 4), debido a su cercanía a la intersección de las quebradas Huarangueros y Huarangal y a la influencia de los peligros de caída de cenizas y lahares. Además, es posible que las torrenteras presentes en el lado Noroeste del distrito de Mariano Melgar se activen.

Tabla 2.- Centros poblados considerado en la Etapa 2

<b>Nro.</b>	<b>CENTROS POBLADOS - ETAPA N° 02</b>	<b>N° HABITANTES</b>
1	Asociación de Vivienda los Pino de Mariano Melgar	44
2	Ladrilleras	71
3	Urbanización Villa Mar	190
4	Residencial Santa Mónica Propiedad Privada	112
5	Asoc. De Vivienda Nueva Israel	44
6	Asoc. De Vivienda Virgen del Rosario 2	33
7	A.H. Pilar Nores	0
8	A.H. Las Dalias	88
9	Asociación de vivienda Virgen de Chapí	58
10	Asentamiento Humano Virgen del rosario	202
11	P.J. Señor de Huanca	363
12	Programa Municipal: Asociación de Vivienda San Jerónimo	769
13	AA.HH. Asociación de vivienda Héroes del Cenepa	1497
14	Asociación Urbanización Nuevo Milenio	390
15	AA.HH. Asociación de Vivienda San Valentín	64
16	El gran Chaparral Partida N° 11055180	137
17	Asociación de Vivienda Bello Horizonte	26
18	Asociación Casa Huerta "Gran San Miguel"	434
19	Flor de Oro	22
20	Asociación De Vivienda Daniel Alcides Carrión	0
21	Residencial San Miguel	0
22	Pueblo Joven Fuerte Arica	153
23	Asociación de Vivienda Taller " Señor de Coyllorite"	325
24	A. H. Tahuantinsuyo	679
25	Asentamiento Humano Villa la Familia	39
26	Asoc. De Viv. Urb. José Carlos Mariátegui	0
	<b>TOTAL</b>	<b>5740</b>

Tabla 3.- Centros poblados considerado en la Etapa 3.

Nro.	CENTROS POBLADOS - ETAPA N° 03	N° HABITANTES
1	Ampliación San Andrés	86
2	AA.HH. Las Américas	90
3	P.J. Nuevo Amanecer	478
4	P.J. Ampliación Nuevo Amanecer	97
5	P. J. Generalísimo José de San Martín Zona B	1396
6	Centro Poblado Francisco Mostajo	188
7	Pueblo Joven Juventud Mistiana	86
8	Asentamiento Humano Nueva Delhi	167
9	Villa San Felipe	63
10	Pueblo Joven Nicolás de Piérola	180
11	Asoc. De VIV. De Interés Social Arturo Villegas	158
12	Pueblo Joven Revolución peruana	251
13	Pueblo Joven Veintidós de Mayo	329
14	P. J. Generalísimo José de San Martín Zona D	4695
15	P. J. Generalísimo José de San Martín Zona C	226
	<b>TOTAL</b>	<b>8490</b>

Tabla 4.- Centros poblados considerado en la Etapa 4.

Nro.	CENTROS POBLADOS - ETAPA N° 04	N° HABITANTES
1	Pueblo Joven Santa Rosa	3753
2	Asociación pro-vivienda Alameda Santa Rosa	219
3	Asentamiento Humano 9 de diciembre	195
4	P. J. Generalísimo José de San Martín Zona A	2308
5	Pueblo Tradicional Urbanización Mariano Melgar	12872
7	Urbanización San Lorenzo	767
	<b>TOTAL</b>	<b>20114</b>

**Etapa 5:** En esta etapa se consideran 24 centros poblados con 6926 habitantes que se encuentran en riesgo (ver Tabla 5), debido a su proximidad al volcán y la influencia de los peligros de avalancha de escombros, caída de cenizas y lahares.

**Etapa 6:** En esta etapa se consideran 32 centros poblados con 11377 habitantes que se encuentran en riesgo (ver Tabla 6), debido a la influencia de los peligros de caída de cenizas y lahares que escurrirían por torrenteras del lado este de las áreas urbanas de esta etapa.

Tabla 5.- Centros poblados considerado en la Etapa 5.

<b>Nro</b>	<b>CENTROS POBLADOS - ETAPA N° 05</b>	<b>N° HABITANTES</b>
1	Asoc. Vivienda Taller Señor de los Milagros Zona V	199
2	A.H. Asoc. Vivienda Mirador MM Parte Alta Zona I	560
3	A.H. Asoc. Vivienda Mirador MM Parte Alta Zona: II	364
4	A.H. Asoc. Vivienda Mirador MM Parte Alta Zona: III	241
5	Asentamiento Humano Villa María del Triunfo	127
6	Pueblo Joven José María Arguedas	346
7	Pueblo Joven Jerusalén	2364
8	Asentamiento Humano Joven José María Arguedas II	38
9	Terrenos Eriazos del Estado	0
10	Asentamiento Humano Villa Maria Montessori	83
11	Asentamiento Humano Cerrito Belen	654
12	Asentamiento Humano Asoc. De VIV. Los Angeles	261
13	Asociación Popular de Vivienda de Interes Social la Nueva Generación	40
14	Asentamiento Humano Los Olivos Zona I	376
15	Asentamiento Humano Los Olivos Zona II	108
16	Asentamiento Humano Berlín Zona I	530
17	Asentamiento Humano Berlín Zona II	309
18	Asoc. Granja Taller Vivienda San Francisco de Asis Zona I	75
19	Asoc. Granja Taller Vivienda San Francisco de Asis Zona II	27
20	Asociación de Vivienda Encantos del Misti	27
21	Asociación de Vivienda Sagrado Corazón de Jesús	58
22	Asoc.de vivienda de Interés Social el Buen Pastor	0
23	Asociación de vivienda Taller los Pinos	0
24	Asociación Bella vista Virgen de Chapi	139
	<b>TOTAL</b>	<b>6926</b>

Tabla 6.- Centros poblados considerado en la Etapa 6.

Nro.	CENTROS POBLADOS - ETAPA N° 06	N° HABITANTES
1	Alameda Santa Rita de Casia	483
2	Urbanización Santa Rita de Casia	952
3	Pueblo joven Santo Domingo	711
4	Asentamiento Humano Alto Mariano Melgar	617
5	Pueblo Joven Atalaya Zona A	1611
6	Pueblo Joven Cerro la Chilca	219
7	Pueblo Joven Mariano Bustamante	969
8	Urbanización Mariano Bustamante	803
9	Asentamiento Humano Monte Olimpo	106
10	A.H. Villa Alto Cenepa	249
11	A.H. Ampliación Alto Cenepa	182
12	AA.HH. Villa Hermosa de Cabanaconde	0
13	A.H Vencedores del Cenepa	282
14	AA.HH. Los Balcones de Mariano Melgar	278
15	P. J. Augusto Freyre García Monterroso los Alpes	194
16	Asentamiento Humano Ampliación Atalaya 1 Zona A	51
17	AA.HH. Ampliación Atalaya 1 Zona B	67
18	Pueblo Joven Atalaya Zona B	559
19	AA.HH. Atalaya II	21
20	P.J. Las Rocas	32
21	A.H. Prolongación Paseo Arequipa	192
22	Manuel Manrique	190
23	A.H. Alto Generalísimo San Martín	61
24	Pueblo Joven Buena Vista	769
25	Asent. Poblacional Asoc. Pro-Vivienda Los Rosales	238
26,27,28	Asoc. Vivienda Taller Señor de los Milagros Zona I – II - III	325
29	A.H. Fuerte Cenepa	237
30	Asociación Vivienda Taller Señor de los Milagros Zona IV	67
31	Asociación de Vivienda Pueblo Libre	567
32	Asentamiento Humano la Rinconada	345
	<b>TOTAL</b>	<b>11377</b>

En la Tabla 7 se resume el orden de las etapas de la evacuación considerando el número de habitantes por etapa. En total la evacuación debe considerar 52782 personas que habitan en las áreas urbanas del distrito de Mariano Melgar identificadas como de alto riesgo ante una posible erupción del volcán Misti.

Tabla 7. Etapas de evacuación en el distrito de Mariano Melgar ante una posible erupción del volcán Misti

<b>ETAPAS</b>	
1	135
2	5740
3	8490
4	20114
5	6926
6	11377
<b>TOTAL</b>	<b>52782</b>

#### **2.4.- Puntos de concentración**

Corresponden aquellos lugares o espacios amplios que fueron identificados y clasificados como seguros para las personas que estén en proceso de evacuación por emergencia o desastre, para luego ser trasladados al albergue asignado.

Para el caso del distrito de Mariano Melgar se consideraron puntos de concentración para dos escenarios eruptivos del volcán Misti: pliniano y vulcaniano, siendo sus características las siguientes:

**Escenario eruptivo tipo Pliniano:** En caso que el volcán Misti presente una erupción del tipo pliniano (IEV 5) con la caída de ceniza, lahares y avalanchas de escombros, se consideraron 23 puntos de concentración distribuidos de manera estratégica en el distrito de Mariano Melgar de acuerdo a la Figura 8.

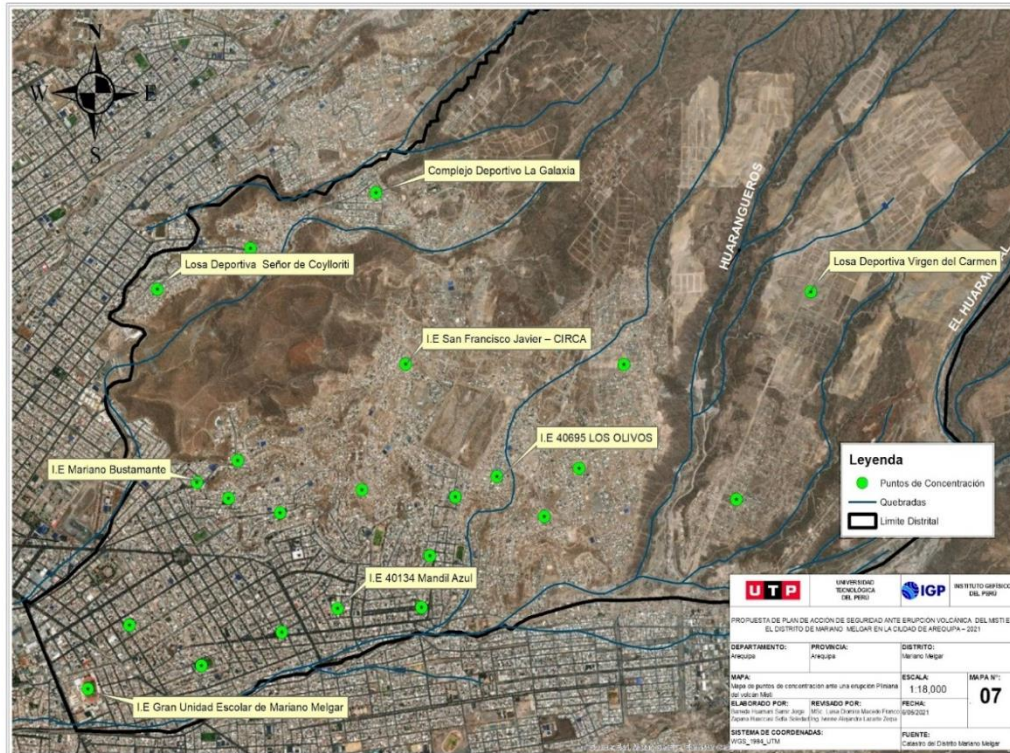


Figura 8. Puntos de concentración seleccionados para el distrito de Mariano Melgar en caso de la ocurrencia de una erupción pliniana del volcán Misti.

Los puntos de concentración consideran instituciones educativas, estadios deportivos, parques y losas deportivas, según se detallan en las Tablas 8 a la 11.

Tabla 8. Instituciones Educativas

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	
1	40134 mandil Azul
2	40695 los Olivos
3	41031 Madre del Divino Amor
4	Alto Mariano Bustamante
5	Cerrito Belén
6	Mariano Bustamante
7	San Francisco Javier – CIRCA

Tabla 9. Estadios deportivos

<b>ESTADIOS DEPORTIVOS</b>	
1	Estadio Maracaná
2	Estadio Gran Unidad Escolar de Mariano Melgar

Tabla 10. Parques

<b>PARQUES</b>	
1	Parque Estados Unidos
2	Parque Ulrich Neisser

Tabla 11. Losas Deportivas

<b>LOSAS DEPORTIVAS</b>	
1	Losa Deportiva Frente Puesto De Salud Atalaya
2	Losa Deportiva Chiguata
3	Losa Deportiva Virgen del Carmen
5	Losa Deportiva Señor de Coylloriti
5	Losa Deportiva Asoc. San Miguel
6	Losa Deportiva Los Rosales
7	Losa Deportiva Villa Alto Cenepa
8	Losa Deportiva Asoc. Viv Heroes del Cenepa Zona – B
9	Losa Deportiva Frente Colegio ELOIN
10	Complejo Deportivo La Galaxia
11	Complejo Deportivo Munakuyky
12	Complejo Deportivo Señor de los Milagros

**Escenario eruptivo vulcaniano:** En caso que el volcán Misti presente una erupción del tipo vulcaniano (IEV 1-2) con la consecuente generación de lahares que afectaría a la población que se encuentran ubicadas en las cercanías de las quebradas, se ha considerado 18 puntos de concentración distribuidos de manera estratégica en el distrito de Mariano Melgar de acuerdo a la Figura 9.

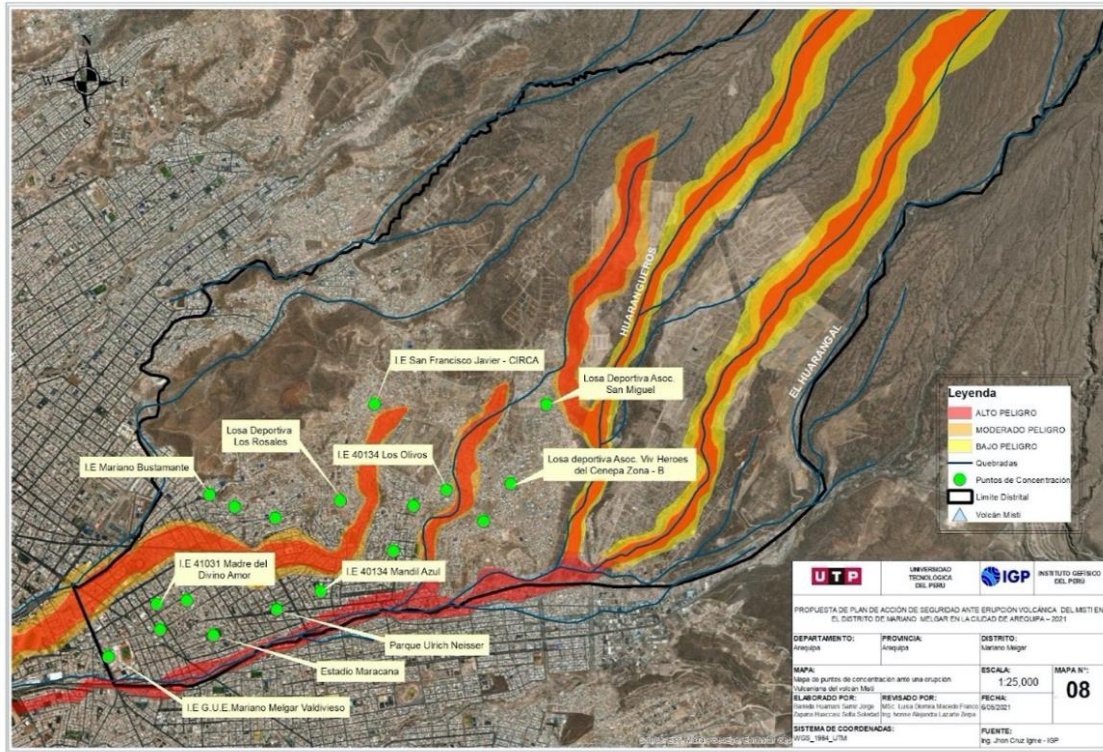


Figura 9. Puntos de concentración seleccionados para el distrito de Mariano Melgar en caso de la ocurrencia de una erupción volcánica del volcán Misti.

Los puntos de concentración consideran instituciones educativas, estadios deportivos, parques y losas deportivas, según se detallan en las Tablas 12 a la 15.

Tabla 12. Instituciones Educativas

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	
1	40134 Mandil Azul
2	40695 Los Olivos
3	41031 Madre del Divino Amor
4	Alto Mariano Bustamante
5	Andrea Valdivieso de Melgar
6	Cerrito Belén
7	Mariano Bustamante
8	San Francisco Javier – CIRCA
9	Corazón de Jesús – CIRCA
10	G.U.E.Mariano Melgar Valdivieso

Tabla 13. Estadio Deportivo

<b>ESTADIO DEPORTIVO</b>	
1	Estadio maracaná

Tabla 14. Parques

<b>PARQUES</b>	
1	Parque Ulrich Neisser

Tabla 15. Losas Deportivas

<b>LOSAS DEPORTIVAS</b>	
1	Losa Deportiva Asoc. San Miguel
2	Losa Deportiva Los Rosales
3	Losa Deportiva Villa Alto Cenepa
4	Losa Deportiva Asoc. Viv Heroes del Cenepa Zona – B
5	Losa Deportiva Frente Colegio ELOIN
6	Complejo Deportivo Señor de los Milagros

## 2.5.- Rutas y vías de evacuación

Las rutas de evacuación son caminos debidamente señalizados que ante la ocurrencia de un peligro, garantizan la rápida evacuación de la población a zonas seguras o hacia las zonas de concentración transitoria, previas a la evacuación.

De producirse una erupción Pliniana del volcán Misti, en el distrito de Mariano Melgar, en trabajo conjunto con los profesionales de Gestión del Riesgo, se procedió a trazar las rutas de evacuación en base a las principales avenidas en el distrito, tal como se muestra en la Figura 10. Así mismo, para la identificación de estas rutas fue necesario considerar la presencia de los puntos de concentración a fin de tomar en cuenta las diferentes etapas de la evacuación. A continuación, en la Tabla 16 se presenta las avenidas y calles seleccionadas para la evacuación de la población.



**Tabla 16. Rutas de evacuación de la población del distrito de Mariano Melgar ante una posible erupción Pliniana del volcán Misti**

<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 01</b>
<p>Los Olivos de Chiguata =&gt; Calle Vizcardo y Guzmán =&gt; Av. V. Hermosa =&gt; Calle Los Olivos =&gt; Av. Miguel Grau =&gt; Calle Junín =&gt; Av. Argentina =&gt; Calle Carrión =&gt; Av. Industrial =&gt; Calle Platino</p>
<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 02</b>
<p><b>Ruta Losa Deportiva San Miguel</b></p> <p>Calle Estados Unidos=&gt;Av. Brasil=&gt;Calle Perú=&gt;Av. Juan Velasco Alvarado=&gt;Jirón Ilusión=&gt;Av. Las Orquídeas=&gt;Av. Las Flores=&gt;Calle 2 =&gt;Calle 10=&gt;Jirón niño Jesús =&gt;Jirón Sub América=&gt;Jirón San José=&gt;Jirón Misti=&gt;Jirón Calvario=&gt;Jirón Ramón Castilla=&gt;Jirón Gólgota=&gt;Sudamérica=&gt;Calle Oroya=&gt;Av. Señor de los Milagros=&gt;Av. Estados Unidos=&gt;Calle Guatemala=&gt;Estados Unidos=&gt;Calle Brasil=&gt;Av. Argentina=&gt;Alfonso Ugarte=&gt;Comandante Canga=&gt;Calle Juan Manuel Polar=&gt;Prolongación Mariscal Castilla=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Calle Carrión=&gt;Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p> <p><b>Ruta Losa Deportiva Asoc. Viv. Héroes del Cenepa</b></p> <p>Av. Tiwinza=&gt;Calle Amazonas=&gt;Av. Héroes Navales=&gt;Av. N° 03=&gt;Calle 2 =&gt;Calle 10=&gt;Jirón niño Jesús =&gt;Jirón Sub América=&gt;Jirón San José=&gt;Jirón Misti=&gt;Jirón Calvario=&gt;Jirón Ramón Castilla=&gt;Jirón Gólgota=&gt;Sudamérica=&gt;Calle Oroya=&gt;Av. Señor de los Milagros=&gt;Av. Estados Unidos=&gt;Calle Guatemala=&gt;Estados Unidos=&gt;Calle Brasil=&gt;Av. Argentina=&gt;Alfonso Ugarte=&gt;Comandante Canga=&gt;Calle Juan Manuel Polar=&gt;Prolongación Mariscal Castilla=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Calle Carrión=&gt;Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p> <p><b>Ruta Alto Juan XXII</b></p> <p>Jirón Machu-Picchu=&gt;Pasaje Inca Roca=&gt;Av. Goyeneche=&gt;Av. Progreso=&gt;Calle Palacios=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Av. Jesús=&gt;Av. Porongoche.</p>

Tabla 16. ...Continuación...

<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 03</b>
<p><b>Ruta Parque Estados Unidos</b></p> <p>Av. Estados Unidos=&gt;Calle Guatemala=&gt;Estados Unidos=&gt;Calle Brasil=&gt;Av. Argentina=&gt;Alfonso Ugarte=&gt;Comandante Canga=&gt;Calle Juan Manuel Polar=&gt;Prolongación Mariscal Castilla=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Calle Carrión=&gt;Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p> <p><b>Ruta I.E Mandil Azul</b></p> <p>Calle Simón Bolívar=&gt;=&gt;Calle Estados Unidos=&gt;Calle Cuba=&gt;Av. Argentina=&gt;Alfonso Ugarte=&gt;Comandante Canga=&gt;Calle Juan Manuel Polar=&gt;Prolongación Mariscal Castilla=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Calle Carrión=&gt;Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p>
<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 04</b>
<p><b>Ruta Parque Ulrich Neisser</b></p> <p>Av. Argentina=&gt;=&gt;Alfonso Ugarte=&gt;Comandante Canga=&gt;Calle Juan Manuel Polar=&gt;Calle 30 de Agosto=&gt;Prolongación Mariscal Castilla=&gt;Av. Mariscal Castilla=&gt;Calle Carrión=&gt;Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p> <p><b>Ruta Mariano Bustamante</b></p> <p>Jirón Olímpico=&gt; Calle Capitán Novoa=&gt; Malecón Zolezzi=&gt; Av. Jesús.</p>
<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 05</b>
<p><b>Ruta Los Olivos</b></p> <p>Calle 2=&gt;Calle 10=&gt; Jirón niño Jesús=&gt; Jirón Sub América=&gt; Jirón San José=&gt; Jirón Misti=&gt; Jirón Calvario=&gt; Jirón Ramón Castilla=&gt; Jirón Gólgota=&gt; Sudamérica=&gt; Calle Oroya=&gt; Av. Señor de los Milagros=&gt; Av. Estados Unidos=&gt; Calle Guatemala=&gt; Estados Unidos=&gt; Calle Brasil=&gt; Av. Argentina=&gt; Alfonso Ugarte=&gt; Comandante Canga=&gt; Calle Juan Manuel Polar=&gt; Prolongación Mariscal Castilla=&gt; Av. Mariscal Castilla=&gt; Calle Carrión=&gt; Av. Industrial=&gt;Calle Platino.</p> <p><b>Ruta I.E San Francisco Javier – Berlín</b></p> <p>Calle Beethoven=&gt;Calle Berlín=&gt;Calle El Molle=&gt;Calle 3=&gt;Calle 1=&gt;Calle Los Pinos=&gt;Calle Los Rosales=&gt;Av. Pacifico=&gt;Jirón 20=&gt;Calle 14=&gt;Calle 5=&gt;Lima=&gt;Calle Lima=&gt;Calle primero de Mayo=&gt;Calle Madre de Dios=&gt;Calle Capitán Novoa=&gt;Malecón Zolezzi=&gt;Av. Jesús.</p>

Tabla 16. ...Continuación...

<b>RUTAS DE EVACUACIÓN - ETAPA 06</b>
<p><b>Ruta Los Rosales</b>                      Calle 3=&gt;Calle 1=&gt;Calle Los Pinos=&gt;Calle Los Rosales=&gt;Av. Pacifico=&gt;Jirón 20=&gt;Calle 14=&gt;Calle 5=&gt;Lima=&gt;Calle Lima=&gt;Calle primero de Mayo=&gt;Calle Capitán Novoa =&gt;Malecón Zolezzi=&gt;Av. Jesús.</p>
<p><b>Ruta Alto Mariano Bustamante</b>                      Calle 18 de enero=&gt;Calle 28 de Julio=&gt;Calle Unión=&gt;Pasaje Republica=&gt;Pasaje Brichs=&gt;Calle primero de Mayo=&gt;Calle Capitán Novoa =&gt;Malecón Zolezzi=&gt;Av. Jesús.</p>
<p><b>Ruta Villa Alto Cenepa</b>                      Av. Los Alpes=&gt;Jirón Olímpico =&gt;Calle Capitán Novoa =&gt;Malecón Zolezzi=&gt;Av. Jesús.</p>

## 2.6.- Zonas de Albergue

Los albergues son lugares que sirven para proporcionar techo, alimentación, abrigo y seguridad a las víctimas de una emergencia o desastre. Los albergues deben ser temporales; es decir, mientras dura la fase crítica de la emergencia. Para identificar el albergue a ser considerado por la población del distrito de Mariano Melgar se consideró que este lugar, no pueda estar influenciado por cualquier otro peligro de origen natural; además de tener áreas extensas y accesibilidad.

El albergue seleccionado como parte del plan de evacuación está ubicado en el distrito de Socabaya, específicamente la Cancha de Toros de ACPATPA en las zonas de El Pasto y Las Peñas (Figura 11). Este albergue se encuentra a 24 km de distancia al cráter y a 8 km de distancia del distrito de Mariano Melgar; además cuenta con un área total de 27331.75 m<sup>2</sup> (ver Tabla 17).

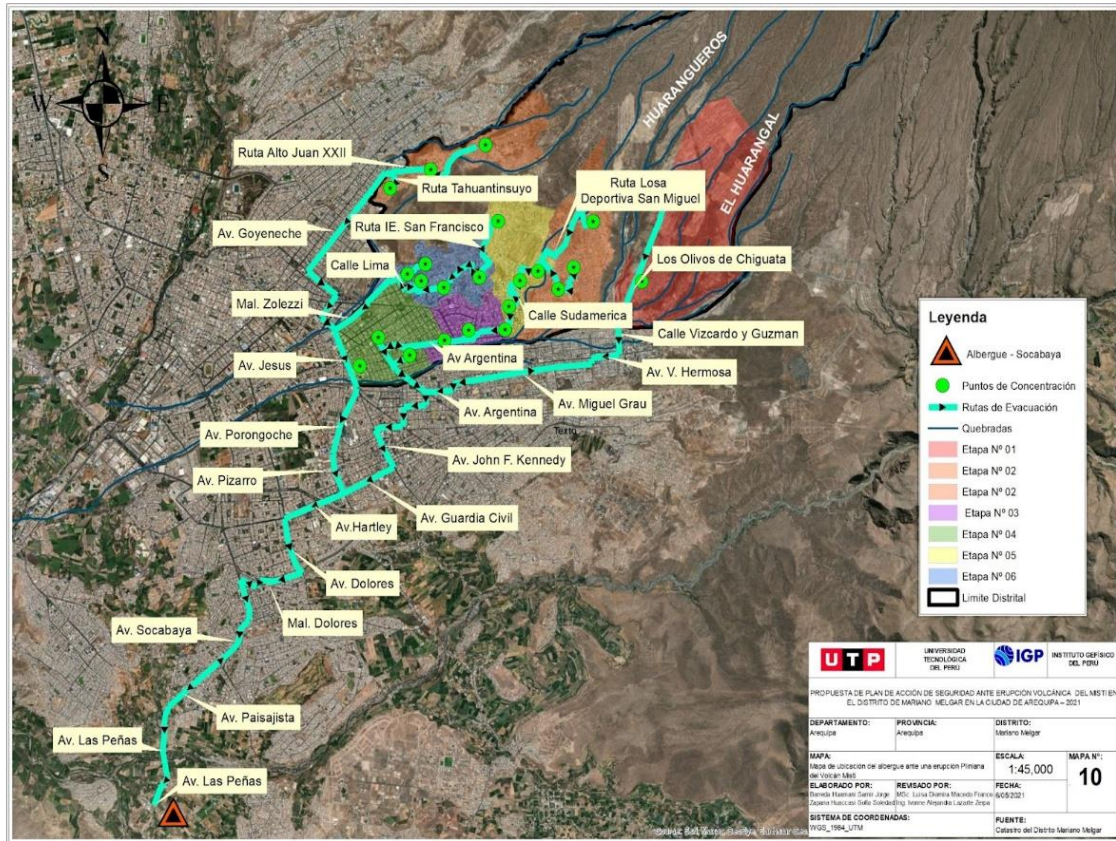


Figura 11 Mapa de ubicación del albergue en la Cancha de Toros de ACPATPA de las zonas de El Pasto y Las Peñas (distrito de Socabaya).

Tabla 17. Área del albergue en la Cancha de Toros de ACPATPA

Áreas Albergue	
Interior	4020.19 m <sup>2</sup>
Exteriores	23311.56 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>27331.75 m<sup>2</sup></b>

### **3.- RESULTADOS**

Para elaborar el presente plan de evacuación para el Distrito de Mariano Melgar se consideró dos escenarios eruptivos para el volcán Misti: vulcaniano y pliniano. Para este plan, los peligros volcánicos como la caída de cenizas, avalanchas de escombros, flujos piroclásticos, lahares y flujo de lava provenientes del volcán Misti, fueron identificados mediante modelamientos y simulaciones teóricas. De acuerdo a estos resultados, se ha identificado 104 centros poblados entre Asociaciones, Pueblos Jóvenes, Urbanizaciones y Asentamientos Humanos que se encuentran en áreas de alto riesgo ante la posible erupción del volcán Misti.

Considerando una erupción Pliniana para el volcán Misti, en apoyo a las autoridades del distrito de mariano Melgar se elaboró el mapa de evacuación considerando 6 etapas a fin de lograr un adecuado orden en el proceso. Asimismo, se logró identificar 18 puntos de concentración considerando una erupción vulcaniana y 23 puntos para una erupción pliniana teniendo en cuenta la dimensión y que los lugares no se encuentren bajo ninguna influencia de los peligros volcánicos. Estos puntos de concentración presentan áreas abiertas para un mejor acceso por parte de la población.

Considerando una erupción Pliniana, se identificaron las rutas de evacuación en el distrito de Mariano Melgar teniendo en cuenta las avenidas principales y la accesibilidad a los puntos de concentración, siempre libre de la influencia de los peligros volcánicos. Del mismo modo, se identificó el albergue y la ruta a seguir para llegar, sobre todo si este se encuentra en el distrito de Socabaya, exactamente en la Cancha de Toros de ACPATPA de las zonas de El Pasto y Las Peñas.

## **CONCLUSIONES**

- Se ha identificado zonas de alto peligro volcánico, el cual abarca áreas donde se concentra el 30% de la población del distrito de Mariano Melgar y que deberían ser evacuada en caso de una probable erupción volcánica del Misti, ya sea en escenario de erupción vulcaniana o plineana.
- En base a la información obtenida en los modelamientos de los diferentes peligros volcánicos del Misti, se ha logrado identificar los lugares de concentración de la población para ser evacuada hacia el albergue en el distrito de Socabaya.
- Para lograr identificar las rutas de evacuación se ha utilizado las principales avenidas y calles del distrito, sin embargo, es necesario trabajar en el ordenamiento territorial y ampliar algunas de estas vías, para que la evacuación se dé más fluida y rápida.
- Se ha logrado identificar la zona de albergue en el distrito de Socabaya y de esta manera, poner a buen recaudo a la población del Distrito de Mariano Melgar.
- Es importante socializar el presente informe con autoridades y población en riesgo y sea utilizado en simulacros de evacuación para probar el funcionamiento del plan. Asimismo, ser parte de charlas y talleres orientadas a la población como la única herramienta que permitirá mejorar la gestión del riesgo volcánico.
- Se recomienda gestionar ordenanzas municipales que prohíban la expansión urbana en zonas de alto peligro volcánico, ya sea cerca al cráter del volcán Misti, quebradas que descienden del volcán y zonas de relleno

## BIBLIOGRAFÍA

- Mariño, J.; Rivera, M.; Jean-Claude Thouret & Macedo, L. (2016). Geología y mapa de peligros del volcán Misti, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 60, 170 p., 2 mapas
- Thouret, J.C.; Finizola, A.; Fornari, M.; Legeley-Padovani, A.; Suni, J. & Frechen, M. (2001) - Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. Geological Society of America Bulletin, 113(12): 1593-1610.
- Vargas Alva, K., Macedo Franco, L., Lazarte Zerpa, I. & Cruz Igme, J., 2021. *Análisis de los escenarios de peligros volcánicos con origen en el volcán Misti: Aplicación al Distrito de Mariano Melgar*, Lima: Instituto Geofísico del Perú - IGP.
- Cruz Igme, J., Macedo Franco, L., Lazarte Zerpa, I. & Vargas Alva, K., 2021. *Escenarios críticos por descenso de lahares en el distrito de Mariano Melgar, Arequipa*, Lima: Instituto Geofísico del Perú - IGP.
- Lazarte Zerpa, I., Macedo Franco, L., Vargas Alva, K. & Cruz Igme, J., 2021. *Evaluación del peligro por caída de cenizas del volcán Misti y afectación al distrito de Mariano Melgar - Arequipa*, Lima: Instituto Geofísico del Perú - IGP.
- Galarza, J., Laverde C., Zuluaga I., Monsalve M. (2014). Implementación de herramientas computacionales para la simulación de fenómenos volcánicos, como soporte para la actualización del mapa de amenaza del volcán Puracé (Uso de Tephra2, Titan2D, Lava PL y LaharZ). SGC. Informe Interno.
- Hayashi, J.N. & Self, S. (1992) - A comparison of pyroclastic flow and debris avalanche mobility. Journal of Geophysical Research, 97(B6): 9063-9071.
- Kelfoun, K. & T.H. Druitt, 2005, Numerical modelling of the emplacement of the 7500 BP Socompa rock avalanche, Chile. J. Geophys. Res., B12202, doi: 10.1029/2005JB003758, 2005.

- Kelfoun, K., 2011, Suitability of simple rheological laws for the numerical simulation of dense pyroclastic flows and long-runout volcanic avalanches, *J. Geophys. Res., Solid Earth*, doi:10.1029/2010JB007622.
- Kelfoun, K., Vallejo, S. (2016) *VolcFlow capabilities and potential development for the simulation of lava*. The Geological Society, London, Special Publications, Geological Society of London, 426 (1), pp.337-343.
- Patra, A., Bauer A., Nichita, C., Pitman, E.B., Sheridan, M. F. Bursik, M., Rupp, B., Webber, A., Namikawa, L. And Renschler, C. (2005). Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural terrain. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 139:1–21.
- Pitman, E.B., Patra, A., Bauer, A., Sheridan, M.F., Bursik, M.I. (2003). Computing debris flow and landslides. *Physics of Fluids* 15, 3638–3646.
- Stinton, A. J., Sheridan, M.F., Patra, A., Dalbey, K., & Namikawa, L.M. (2004). Integrating variable bed friction into TITAN2D mass-flow model: application to the Little Tahoma Peak avalanches. Washington. *Acta Vulcanol.* 16, 153-163.
- Thouret, J.C.; Finizola, A.; Fornari, M.; Legeley-Padovani, A.; Suni, J. & Frechen, M. (2001) - Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 113(12): 1593-1610.
- Harpel, C.J.; De Silva, S.L. & Salas, G. (2011) - The 2 ka eruption of Misti volcano, southern Peru – the most recent plinian eruption of Arequipa’s iconic volcano. Boulder, CO: Geological Society of America, 72 p. Special Paper, 484.

## ANEXO 1

ANEXO 1

Leyenda	
Alto	A
Moderado	M
Bajo	B

Nr o.	CENTROS POBLADOS DEL DISTRITO DE MARINO MELGAR	HABITANTES	CAÍDA DE CENIZAS			AVALANCHA DE ESCOMBROS			FLUJOS PIROCLASTICOS			LAHARES			FLUJOS DE LAVA			
			AFECTACIÓN	VULNERABILIDAD		AFECTACIÓN	VULNERABILIDAD		AFECTACIÓN	VULNERABILIDAD		AFECTACIÓN	VULNERABILIDAD		AFECTACIÓN	VULNERABILIDAD		
				A	M		B	A		M	B		A	M		B	A	M
1	Pueblo joven Santa Rosa	3753	Total	X														
2	Asociación pro-vivienda Alameda Santa Rosa	219	Total	X														
3	AA. HH. 9 de diciembre	195	Total	X														
4	Pueblo Joven Generalísimo José de San Martín Zona A	2308	Total	X														
5	Pueblo Tradicional Urbanización Mariano Melgar	12872	Total	X														
6	Urbanización San Lorenzo	767	Total	X														
7	Alameda Santa Rita de Casia	483	Total	X														
8	Urbanización Santa Rita de Casia	952	Total	X														
9	Ampliación San Andrés	86	Total	X														
10	AA.HH. Las Américas	90	Total	X														
11	P.J. Nuevo Amanecer	478	Total	X														
12	P.J. Ampliación Nuevo Amanecer	97	Total	X														
13	P. J. Generalísimo José de San Martín Zona B	1396	Total	X														



	de Mariano Melgar										
36	Pueblo joven Augusto Freyre García Monterroso los Alpes	194	Total	X							
37	Asentamiento Humano Ampliación Atalaya 1 Zona A	51	Total	X							
38	AA.HH. Ampliación Atalaya 1 Zona B	67	Total	X							
39	Pueblo Joven Atalaya Zona B	559	Total	X							
40	AA.HH. Atalaya II	21	Total	X							
41	P.J. Las Rocas	32	Total	X							
42	A.H. Prolongación Paseo Arequipa	192	Total	X							
43	Manuel Manrique	190	Total	X							
44	A.H. Alto Generalísimo San Martín	61	Total	X						Parcialmente	X X
45	Pueblo Joven Buena Vista	769	Total	X						Parcialmente	X
46	Asentamiento Poblacional Asociación Pro-Vivienda Los Rosales	238	Total	X							
47	Asociación de vivienda Taller Señor de los Milagros Zona I	123	Total	X							
48	Asociación de vivienda Taller Señor de los Milagros Zona II	87	Total	X							
49	Asociación de vivienda Taller Señor de los Milagros Zona III	115	Total	X							
50	A.H. Fuerte <del>Cenepa</del>	237	Total	X							
51	Asociación de vivienda Taller Señor de los Milagros Zona IV	67	Total	X							
52	Asociación de vivienda Taller Señor de los Milagros Zona V	199	Total	X							
53	A.H. Asociación de Vivienda el Mirador Mariano Melgar Parte Alta Zona I	560	Total	X						Total	X X







